

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ СТАЛИ 45 ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО БОРОМЕДНЕНИЯ И ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ

Ващук Е.С., Будовских Е.А., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф.

Руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Громов В.Е.

Сибирский государственный индустриальный университет,

г. Новокузнецк,

e-mail: vaschuk@bk.ru

В последние годы получили развитие методы упрочнения поверхности металлов и сплавов с использованием концентрированных потоков энергии, обладающие технологическими и экономическими преимуществами по сравнению с традиционной термической и химико-термической обработкой. Один из них – это электровзрывное легирование (ЭВЛ), суть которого состоит в изменении структурно-фазовых состояний поверхностных слоёв металлов и сплавов с целью повышения их свойств путём оплавления и насыщения поверхности продуктами электрического взрыва проводников с последующей самозакалкой. Его возможности могут быть усилены путем последующей электронно-пучковой обработки (ЭПО). В настоящей работе рассмотрены особенности формирования структуры поверхностных слоев стали 45 после электровзрывного боромеднения и ЭПО в различных режимах.

Обработке подвергали образцы стали 45 в отожженном состоянии. Образцы имели форму цилиндрических шайб диаметром 20 и высотой 5 мм. ЭВЛ проводили в режиме, который обеспечивал поглощаемую плотность мощности $q_p = 8,6 \text{ ГВт/м}^2$. Взрываема медная фольга имела толщину 20 мкм и массу 35 мг. В области взрыва размещали порошок аморфного бора массой 20 мг. При этом отношение атомных концентраций бора и меди в струе составляло 3,5. Последующую ЭПО поверхности легирования осуществляли на установке «Соло» Института сильноточной электроники СО РАН при следующих основных параметрах облучения: поглощаемая плотность мощности пучка электронов $q_e = 2,0$ и $2,5 \text{ ГВт/м}^2$; длительность импульсов $\tau = 100$ и 200 мкс ; частота их следования $f = 0,3 \text{ Гц}$; число импульсов $N = 5$ и 10 . Обработку осуществляли при давлении рабочего газа аргона в вакуумной камере $0,02 \text{ Па}$. Структуру поверхности после ЭПО изучали с помощью сканирующей электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа и измерению микротвердости.

Сканирующая электронная микроскопия показала (рис. 1, 2), что вблизи поверхности зоны легирования наблюдаются многочисленные частицы субмикро- и нанометрового диапазона (рис.1, а). Согласно данным рентгеноструктурного анализа после комбинированной обработки в поверхностном слое наблюдаются упрочняющие фазы FeB и $\text{Fe}_{23}(\text{C}, \text{B})_6$.

Одним из факторов упрочнения является также мелкодисперсный характер формируемой структуры. Следует отметить, что после комбинированной обработки размер выделений увеличивается (рис. 1, б), а микротвердость уменьшается.

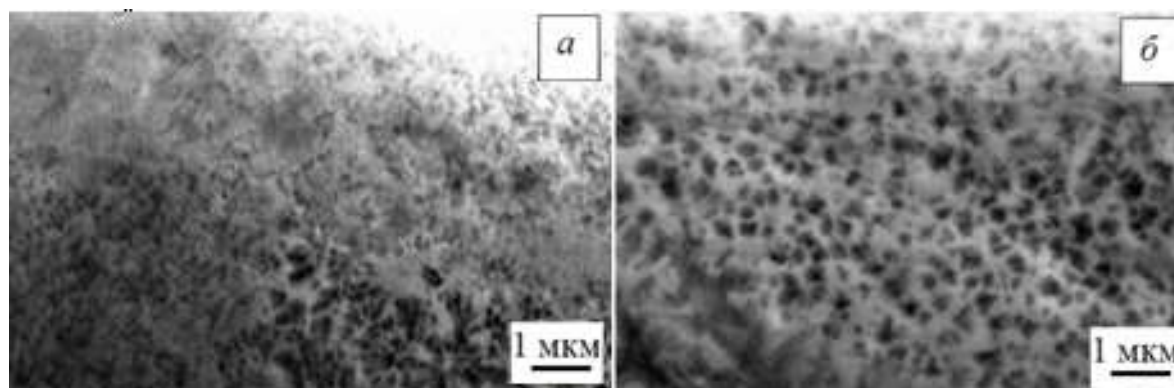


Рис. 1. Структура поверхностного слоя стали 45 после электровзрывного боромеднения (а) и последующей электронно-пучковой обработки (б) при $q_e = 2,5 \text{ ГВт/м}^2$, $\tau = 100 \text{ мкс}$, $N = 5 \text{ имп.}$

Изменение режима ЭПО, связанное с увеличением общего времени нахождения поверхностного слоя в жидком состоянии, которое достигается при увеличении поглощаемой плотности мощности, времени импульса и их числа, приводит к дополнительному увеличению размеров структурных составляющих.

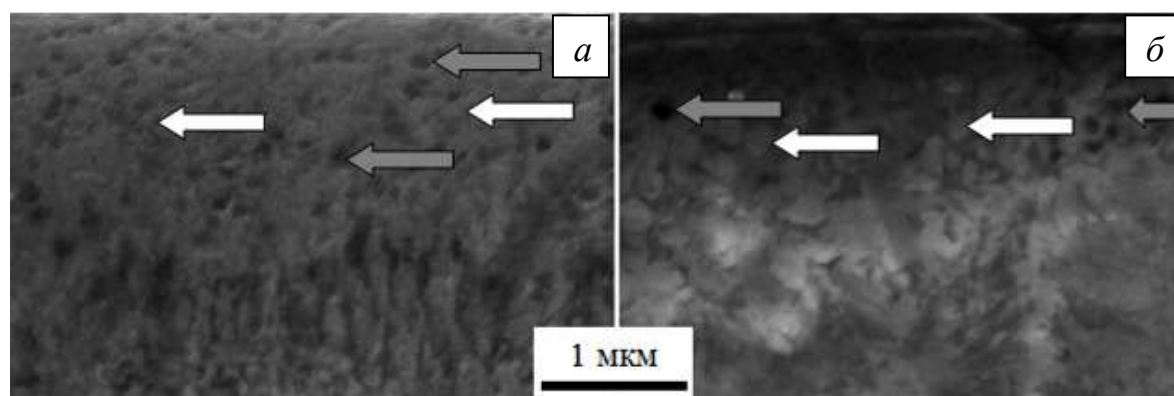


Рис. 2. Структура поверхностного слоя после электронно-пучковой обработки при $q_e = 2,0 \text{ ГВт/м}^2$, $N = 10 \text{ имп.}$, и $\tau = 100$ (а) и 200 (б) мкс. Светлые стрелки указывают на бориды

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (гос. контракты №№ 14.740.11.0693, 14.740.12.0858).